

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10163182 A

(43) Date of publication of application: 19.06.1998

(51) Int. Cl. H01L 21/31

G23C 16/52, G01B 11/06, G01B 21/08, H01L 21/205, H01L 21/66

(21) Application number: 08319013

(22) Date of filing: 29.11.1996

(71) Applicant: DAINIPPON SCREEN MFG CO LTD

(72) Inventor: SASAKI KIYOSHIRO

**(54) SUBSTRATE HEAT TREATMENT EQUIPMENT  
AND FILM THICKNESS MEASURING  
EQUIPMENT WHICH CAN BE USED IN  
SUBSTRATE HEAT TREATMENT EQUIPMENT**

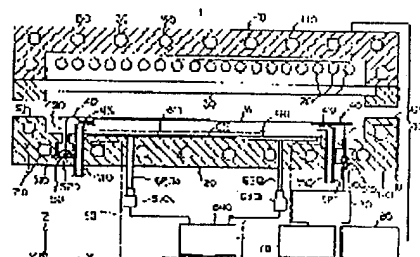
**(57) Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a substrate heat treatment equipment which is excellent in precision and treatment efficiency, and a film thickness measuring equipment which is used in the substrate heat treatment equipment.

**SOLUTION:** Heat radiation out of heat radiations from a substrate W which penetrates a semitransparent mirror 611 enters a probe 620a and is introduced to a radiation pyrometer 630a. Heat radiation which has penetrated a transparent member 612 enters a probe 620b and is introduced to a radiation pyrometer 630b. Semitransparent radiant intensity and reflectionless radiant intensity as the respective radiant intensities are detected in the radiation pyrometers 630a and 630b. On the basis of the intensities, a temperature of the substrate W and the thickness of a film formed on the

lower surface of the substrate W are obtained by a specified operating formula in an operating part 640, and the temperature control of a lamp 20 and the control of lamp power are performed on the basis of the temperature of the substrate W and the film thickness. Thereby the thickness of a thin film of the substrate W is obtained by considering the transmittance and the reflectivity of the semitransparent mirror 611, and control is performed on the basis of the thickness of the thin film of the substrate W, so that heating and film forming treatment of high precision are enabled.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-163182

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	F I	
H 0 1 L 21/31		H 0 1 L 21/31	B
C 2 3 C 16/52		C 2 3 C 16/52	
G 0 1 B 11/06		G 0 1 B 11/06	Z
	21/08		21/08
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-319013

(22) 出願日 平成 8 年(1996)11月29日

(71) 出願人 000207551

大日本スクリーン製造株式会社  
京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁  
目天神北町 1 番地の 1

(72) 発明者 佐々木 清裕

京都市伏見区羽東師古川町322番地 大日  
本スクリーン製造株式会社洛西事業所内

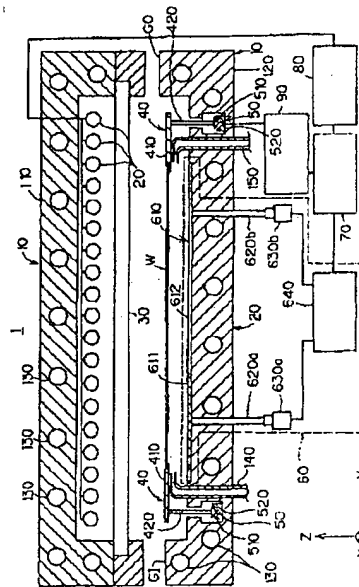
(74) 代理人 弁理士 吉田 茂明 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 基板熱処理装置およびそれに使用可能な膜厚測定装置

(67) 【要約】

【課題】 高精度で処理効率のよい基板熱処理装置およびそれに使用可能な膜厚測定装置を提供する。

【解決手段】 基板Wからの熱放射のうち半透過鏡611を透過した熱放射はプローブ620aに入射し、放射高温計630aに導かれる。また、透明部材612を透過した熱放射はプローブ620bに入射し、放射高温計630bに導かれる。そして、放射高温計630aおよび630bにおいてそれぞれの放射強度である半透過射放射強度および無反射放射強度を求め、それらを基に演算部640において所定の演算式により基板Wの温度と基板Wの下面に形成された膜厚を求め、それを基にランプ20の温度制御およびランプパワーの制御を行う。したがって、半透過鏡611の透過率および反射率を考慮して基板Wの薄膜の膜厚を求め、その結果をもとに制御を行うので精度の高い加熱・成膜処理を行うことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板を加熱手段によって加熱しつつガスを供給して基板に薄膜を生成する成膜処理を施す基板熱処理装置であって、

前記成膜処理中に前記薄膜の膜厚を測定する膜厚測定手段と、

前記膜厚測定手段によって求められた前記薄膜の膜厚を基に前記加熱手段の動作制御を行う加熱制御手段と、を備えることを特徴とする基板熱処理装置。

【請求項2】 前記基板を被測定体とすることによって請求項1における膜厚測定手段として使用可能であって、前記被測定体からの熱放射を基に当該被測定体生成された薄膜の膜厚を測定する膜厚測定装置において、前記熱放射を不完全に透過する半透鏡と、

前記半透鏡を透過した前記熱放射の強度である半透過放射強度を求める第1放射強度測定手段と、

いずれの物体によってもほぼ反射されていない状態の前記熱放射の強度である無反射放射強度を求める第2放射強度測定手段と、

前記半透過放射強度および前記無反射放射強度を基に前記薄膜の膜厚を求める膜厚算出手段と、を備えることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項3】 請求項2の膜厚測定装置であって、前記半透鏡が前記第1放射強度測定手段に対向する位置を中心とした円盤状であることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項4】 請求項2および請求項3のうちのいずれかの膜厚測定装置であって、

前記半透鏡の前記第1放射強度測定手段側の面の前記第1放射強度測定手段に対向する部分以外の部分が黒化処理されていることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項5】 請求項2ないし請求項4のうちのいずれかの膜厚測定装置であって、

前記第1放射強度測定手段および前記第2放射強度測定手段または前記被測定体のうちのいずれかを回転させる回転手段をさらに備え、前記回転手段により前記第1放射強度測定手段および前記第2放射強度測定手段のそれぞれの前記被測定体に対する相対的位置が互いに入れ替わることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項6】 前記基板を被測定体とすることによって請求項1における膜厚測定手段として使用可能であって、前記被測定体からの熱放射を基に当該被測定体生成された薄膜の膜厚を測定する膜厚測定装置において、第1波長および第2波長の前記熱放射を含む熱放射群のうち、前記第1波長の熱放射を不完全に透過するとともに、前記第2波長の前記熱放射をほぼ完全に透過する半透鏡と、

前記半透鏡を透過した前記熱放射群のうち前記第1波長の熱放射の強度である半透過放射強度および前記第2波長の熱放射の強度である無反射放射強度を求める放射強

度測定手段と、

前記半透過放射強度および前記無反射放射強度を基に前記膜厚を求める膜厚算出手段と、を備えることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項7】 請求項6の膜厚測定装置であって、前記半透鏡が前記放射強度測定手段に対向する位置を中心とした円盤状であることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項8】 請求項6および請求項7のうちのいずれかの膜厚測定装置であって、

前記半透鏡の前記放射強度測定手段側の面の前記放射強度測定手段に対向する部分以外の部分が黒化処理されていることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項9】 請求項6ないし請求項8のうちのいずれかの膜厚測定装置であって、

前記第1波長および前記第2波長のいずれもが前記被測定体の放射率のほぼ温度に依存しない波長域に含まれることを特徴とする膜厚測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、液品用ガラス基板、半導体ウエハ等の基板（以下「基板」という。）を加熱しつつガスを供給して基板に薄膜を生成する成膜処理を施す基板熱処理装置およびそれに使用可能な膜厚測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の基板熱処理装置における加熱・成膜処理では処理のための炉体の内部を所定温度に維持した状態で所定時間、所定濃度の処理ガスを供給することによって、基板のデバイス面に薄膜を生成していた。そして、所定時間の処理の後にオペレータが基板を炉内から取り出して膜厚を測定し、所望の膜厚の薄膜が生成されるまでこのような作業を繰り返し、温度、ガス供給量、処理時間等のパラメータを決定していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記の従来装置では、予め設定した所定時間の加熱・成膜処理を行っただけでは所望の膜厚の薄膜を生成することは困難で、各基板の処理ごとに何度も上記のような加熱・成膜処理と膜厚測定作業を繰り返さねばならず、加熱・成膜処理の条件出しに長時間を要していた。また、最初に加熱・成膜処理を行う際にはそれに先立ってダミー基板等を用いて加熱し、炉内の温度を所定温度に上げておく暖機運転が必要となっていて、その間は加熱・成膜処理が行えず、さらに余分に処理の時間を要していた。

【0004】また、加熱・成膜処理中に膜厚を測定することができないため、正確に所望の厚さの薄膜を生成することが困難であった。

【0005】この発明は、従来技術における上述の問題の克服を意図しており、高精度で処理時間の短い基板熱処理装置およびそれに使用可能な膜厚測定装置を提供す

ることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、この発明の請求項1の装置は、基板を加熱手段によって加熱しつつガスを供給して基板に薄膜を生成する成膜処理を施す基板熱処理装置であって、前記成膜処理中に前記薄膜の膜厚を測定する膜厚測定手段と、前記膜厚測定手段によって求められた前記薄膜の膜厚を基に前記加熱手段の動作制御を行う加熱制御手段と、を備える。

【0007】また、この発明の請求項2の装置は、前記基板を被測定体とすることによって請求項1における膜厚測定手段として使用可能であって、前記被測定体からの熱放射を基に当該被測定体に生成された薄膜の膜厚を測定する膜厚測定装置において、前記熱放射を不完全に透過する半透鏡と、前記半透鏡を透過した前記熱放射の強度である半透過放射強度を求める第1放射強度測定手段と、いずれの物体によってもほぼ反射されていない状態の前記熱放射の強度である無反射放射強度を求める第2放射強度測定手段と、前記半透過放射強度および前記無反射放射強度を基に前記薄膜の膜厚を求める膜厚算出手段と、を備える。

【0008】また、この発明の請求項3の装置は、請求項2の膜厚測定装置であって、前記半透鏡が前記第1放射強度測定手段に対向する位置を中心とした円盤状であることを特徴とする。

【0009】また、この発明の請求項4の装置は、請求項2および請求項3のうちのいずれかの膜厚測定装置であって、前記半透鏡の前記第1放射強度測定手段側の面の前記第1放射強度測定手段に対向する部分以外の部分が黒化処理されていることを特徴とする。

【0010】また、この発明の請求項5は、請求項2ないし請求項4のうちのいずれかの膜厚測定装置であって、前記第1放射強度測定手段および前記第2放射強度測定手段または前記被測定体のうちのいずれかを回転させる回転手段をさらに備え、前記回転手段により前記第1放射強度測定手段および前記第2放射強度測定手段のそれぞれの前記被測定体に対する相対的位置が互いに入れ替わることを特徴とする。

【0011】また、この発明の請求項6装置は、前記基板を被測定体とすることによって請求項1における膜厚測定手段として使用可能であって、前記被測定体からの熱放射を基に当該被測定体に生成された薄膜の膜厚を測定する膜厚測定装置であって、第1波長および第2波長の前記熱放射を含む熱放射群のうち、前記第1波長の熱放射を不完全に透過するとともに、前記第2波長の前記熱放射をほぼ完全に透過する半透鏡と、前記半透鏡を透過した前記熱放射群のうち前記第1波長の熱放射の強度である半透過放射強度および前記第2波長の熱放射の強度である無反射放射強度を求める放射強度測定手段と、前記半透過放射強度および前記無反射放射強度を基に前

記膜厚を求める膜厚算出手段と、を備える。

【0012】また、この発明の請求項7の装置は、請求項6の膜厚測定装置であって、前記半透鏡が前記放射強度測定手段に対向する位置を中心とした円盤状であることを特徴とする。

【0013】また、この発明の請求項8の装置は、請求項6および請求項7のうちのいずれかの膜厚測定装置であって、前記半透鏡の前記放射強度測定手段側の面の前記放射強度測定手段に対向する部分以外の部分が黒化処理されていることを特徴とする。

【0014】さらに、この発明の請求項9の装置は、請求項6ないし請求項8のうちのいずれかの膜厚測定装置であって、前記第1波長および前記第2波長のいずれもが前記被測定体の放射率のほぼ温度に依存しない波長域に含まれることを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】

【0016】

【1. 発明の原理】各実施の形態の説明の前に、以下においてこの発明の温度測定原理について説明する。

【0017】まず基板において、光の透過はないものとしてその放射率 $\varepsilon$ および反射率 $\rho$ （いずれも「0」～「1」の値をとる）との関係は、次式のようになる。

【0018】

【数1】

$$\varepsilon + \rho = 1 \quad \cdots \text{式(1)}$$

【0019】また、半透鏡を透過しない基板からの熱放射の放射強度である無反射放射強度 $I_0$ は測定系のゲインも含めた温度 $T$ の黒体の放射強度 $L_0(T)$ を用いて表わすと、次式となる。

【0020】

【数2】

$$I_0 = \varepsilon \cdot L_0(T_0) \quad \cdots \text{式(2)}$$

【0021】ただし、この式(2)で $T_0$ は基板の温度を表わしている。なお、この発明においては半透鏡は必ずしも反射率が50%である鏡を意味するものではなく、反射率が0%および100%以外のその間の反射率の鏡を意味するものである。したがって、この発明において不完全に透過とは透過率が0%および100%以外のその間であることを意味している。

【0022】また、基板を半透鏡に近づけると基板と半透鏡との間で多重反射を起こす。図1は基板と半透鏡との間の熱放射の多重反射の説明図である。以下において半透鏡の反射率 $r$ および透過率 $t$ （いずれも「0」～「1」の値をとる）を用いて説明する。

【0023】まず基板 $W$ の下面から放射された無反射放射強度 $I_0$ の熱放射は半透鏡 $HM$ において上方に $r \cdot I_0$ の強度で反射されるとともに、下方に $t \cdot I_0$ の強度で透過する。そして反射された熱放射は基板 $W$ の下面において $r \cdot \rho \cdot I_0$ の強度で反射される。その反射された熱放射は

再び半透鏡HMに入射し $t \cdot I_0$ の強度で透過する。  
 このように基板Wと半透鏡HMとの間で多重反射がおき  
 る場合に半透鏡HMから基板Wによる反射を経て再び半  
 透鏡HMに戻る1往復の後の熱放射の強度は $r \cdot \rho$ 倍に減  
 衰している。したがって、最終的に半透鏡HMの下方に  
 おいて捉えられる熱放射の強度である半透過放射強度 $I$   
 は1回～無限回の多重反射の後に半透鏡HMを透過する  
 熱放射の強度の和になる。そして、この和は初項 $t \cdot I$   
 0、公比 $r \cdot \rho$ の等比級数となり、次式ようになる。

【0024】

【数3】

$$I = \frac{t \cdot I_0}{(1 - r \cdot \rho)} \quad \cdots \text{式(3)}$$

$$L_0(T_0) = \frac{r \cdot I_0 \cdot I}{\{(r-1) \cdot I + t \cdot I_0\}} \quad \cdots \text{式(6)}$$

【0029】以下の実施の形態では半透過放射強度 $I$ 、  
 無反射放射強度 $I_0$ を測定し、その値と予め分かっている  
 半透鏡の反射率 $r$ 、透過率 $t$ の値を式(4)、式  
 (5)、式(6)に用いて放射率 $\epsilon$ 、反射率 $\rho$ および基  
 板Wの放射強度 $L_0(T_0)$ を求める。さらに、図2に示  
 すような黒体の温度 $T$ に対する放射強度 $L_0(T)$ を示  
 すグラフに式(6)から求めた基板Wの放射強度 $L_0(T$

$$\epsilon = 1 - \frac{\rho_1 + \rho_2 + 2\sqrt{\rho_1 \rho_2} \cos \gamma}{1 + \rho_1 + \rho_2 + 2\sqrt{\rho_1 \rho_2} \cos \gamma} \quad \cdots \text{式(7)}$$

$$\left( \text{ただし、} \gamma = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2nd \cos \theta \right)$$

【0032】この式において $\rho_1$ は薄膜と空気の境界で  
 の反射率、 $\rho_2$ は薄膜とS iの境界での反射率、 $\theta$ は測  
 定方向と基板Wの法線の角度、 $\lambda$ は測定波長、 $n$ は薄膜  
 の屈折率、 $d$ は膜厚を表わしている。

【0033】この式(7)にフレネルの公式により求め  
 た $\rho_1$ 、 $\rho_2$ や、予め測定されている $\theta$ 、 $\lambda$ 、 $n$ 、および  
 式(4)により求められた基板Wの放射率 $\epsilon$ を用いて基  
 板Wの膜厚 $d$ を求める。

【0034】以下に示す実施の形態においては、以上の  
 ようにして求めた基板Wの温度 $T_0$ により温度制御を行  
 うとともに、膜厚 $d$ が所定値に達しているかどうかによ  
 り加熱・成膜処理の終了を制御する。

【0035】

【2. 第1の実施の形態】

<2-1. 機構的構成および動作>図3は第1の実施の  
 形態の基板熱処理装置1の断面図である。同図、図4お  
 よび図6の各図においては、水平面をX-Y面とし、鉛  
 直方向をZ軸方向とする3次元座標系X-Y-Zが定義  
 されている。以下、図3を参照しつつこの装置の構成を  
 説明していく。

【0036】第1の実施の形態の基板熱処理装置1は主  
 に炉体10、ランプ20、石英ガラス30、基板支持部

【0026】そして、以上3式を連立して、基板Wの放  
 射率 $\epsilon$ 、反射率 $\rho$ および基板Wの放射強度 $L_0(T_0)$ に  
 ついて解くと以下の3式になる。

【0026】

【数4】

$$\epsilon = \frac{\{(r-1) \cdot I + t \cdot I_0\}}{(r \cdot I)} \quad \cdots \text{式(4)}$$

【0027】

【数5】

$$\rho = 1 - \frac{\{(r-1) \cdot I + t \cdot I_0\}}{(r \cdot I)} \quad \cdots \text{式(5)}$$

【0028】

【数6】

0)を用いて基板Wの温度 $T_0$ を求めている。

【0030】さらに、シリコン基板Wの放射率 $\epsilon$ とその  
 薄膜の膜厚 $d$ との関係式(藤原史郎(編著):光学薄  
 膜, 12/18, 共立出版(1986)参照)は次式で与えられ  
 る。

【0031】

【数7】

40、リニアモータ50、温度・膜厚測定部60、制御  
 部70、ランプドライバ80、モータドライバ90とを  
 備えている。

【0037】炉体10は上部をリフレクター110、下  
 部をハウジング120とする箱状の炉体であり、それら  
 の内部には多数の冷却管130(図3には一部にのみ参  
 照番号を記載)が設けられている。また、炉体10の側  
 面にはガス供給口G1およびガス排出口G0が、ハウジ  
 ング120にはガス供給管140およびガス排出管15  
 0が設けられており、加熱・成膜処理の際に処理ガスが  
 所定のタイミングで供給される。

【0038】ランプ20はリフレクター110の下面に  
 多数設けられ(図3には一部にのみ参照番号を記載)点  
 灯時にはその熱放射により基板Wを加熱する。

【0039】石英ガラス30はランプ20の下方に設け  
 られ、それによる熱放射を透過する。

【0040】基板支持部40は、基板Wを支持するとと  
 もに、そのZ軸方向を軸とした回転により基板Wを回転  
 させる。

【0041】リニアモータ50は磁気浮上式のリニアモ  
 ータであり基板Wを支持した基板支持部40を回転させ  
 る。

【0042】温度・膜厚測定部60は、後に詳述するが、基板Wからの熱放射強度を測定し、それを基に基板Wの温度T0や膜厚d等を求め、それらの信号を制御部70に送る。

【0043】制御部70は後に詳述するように、後述のランプドライバ80にランプ20の制御信号を送ったり、後述のモータドライバ90に所定のタイミングで駆動信号を送ったりする。

【0044】ランプドライバ80は制御部70からの制御信号を受けてランプ20に電力を供給する。

【0045】モータドライバ90は制御部70からの駆動信号を受けてリニアモータ50に電力を供給する。

【0046】つぎに、要部についてさらに詳細に説明していく。

【0047】基板支持部40は基板Wの周縁部分を支持する支持リング410とその下面の数点において支持する支持脚420とから成り、その支持脚420の下端にはリニアモータ50の浮揚部510が設けられ、基板Wの周縁に沿うように設けられた円環状のレール520上面に嵌合している。そして、モータドライバ90からの電力により浮揚部510が浮揚してレールに沿って摺動し、基板支持部40を回転駆動し基板Wを回転させる。この回転は基板Wの加熱を基板Wの各部分で均一にするとともに、後述するように基板Wからの半透過放射強度Iおよび無反射放射強度I0を測定する基板Wの測定対象位置をプローブ620aとプローブ620bとで共通にするために行われている。

【0048】温度・膜厚測定部60は透過板610、プローブ620a、620b、放射高温計630a、630b、演算部640より成っている。

【0049】図4は第1の実施の形態の透過板610の平面図である。透過板610は半透鏡611の周囲に透明部材612が設けられた円盤状部材であり、ハウジング120の上面に固設されている。

【0050】半透鏡611は後述するプローブ620aを中心とした円盤状で、上面が鏡面となっており上方からの熱放射を不完全に反射および透過する。また、半透鏡611の下面においてはプローブ620aに対向する部分は透明であり、さらにそれ以外の部分は黒化処理されており、上方からの熱放射を全吸収して反射しない。

【0051】また、透明部材612は上方の基板Wからの熱放射をほぼ完全に透過する性質を持っており、その下方に設けられた後述するプローブ620bに入射させ、無反射放射強度I0を後述する放射高温計630bによって正確に測定することができる。

【0052】プローブ620a、620bは入射する熱放射を伝える光ファイバであり、図中の上端において熱放射を放射高温計630a、630bに送る。

【0053】放射高温計630a、630bは入射する高温の熱放射を電圧すなわち、それぞれ半透過放射強度

Iおよび無反射放射強度I0を表わす電気信号に変換し、演算部640に送る。

【0054】なお、上記、プローブ620aと放射高温計630aとを併せたものが第1放射強度測定手段に相当し、プローブ620bと放射高温計630bとを併せたものが第2放射強度測定手段に相当する。

【0055】さらに、演算部640は図示しないCPUおよびメモリから成り、放射高温計630a、630bから時々刻々と送られてくる半透過放射強度Iおよび無反射放射強度I0を示す信号のうち、前述のように回転する基板Wの測定対象位置がプローブ620aおよび620bのそれぞれの上方に位置したタイミングで測定された値を1組の放射強度信号として用いる。すなわち、両放射強度を求めるタイミングを基板W上の同じ位置を測定するために同期をとっている。こうすることにより、半透過放射強度Iと無反射放射強度I0を求める測定対象位置を共通にしている。そのため、より精度の高い温度測定および膜厚測定を行うことができる。

【0056】そして、このようにして得られた半透過放射強度Iおよび無反射放射強度I0と、予めメモリに記憶されていた発明の原理の項で用いた各パラメータとを用いて基板Wの測定対象位置の温度T0、放射率ε、反射率ρおよび膜厚dを求め、それらを制御部70に送る。

【0057】<2-2. 処理および制御>図5は第1の実施の形態の基板熱処理装置1の制御の流れを示す図である。以下、図5を用いてこの装置における加熱・成膜処理およびランプ20の制御について説明していく。

【0058】まず、図示しない搬入口から基板Wがデバイス面を下にして搬入され、基板支持部40に支持される。ここで基板Wをデバイス面を下にした状態で支持するのは温度・膜厚測定部60によって膜厚dを測定するために、デバイス面に生成される薄膜からの熱放射をプローブ620a、620bに入射させる必要があるためである。

【0059】つぎに、制御部70は図示しない処理ガス供給手段に制御信号を送り加熱・成膜処理のための処理ガスを炉体10内に供給させるとともに、ランプドライバ80に制御信号を送り、ランプ20を点灯して加熱を開始する。それと同時にモータドライバ90に駆動信号を送り、リニアモータ50を駆動して基板支持部40を回転させることによって基板Wを回転させる。なお、以下の加熱・成膜処理中において基板Wの回転は続けられる。

【0060】ランプ20から発せられた放射熱は石英ガラス30を透過して基板Wに至り、それにより基板Wは加熱され、その温度に対応する熱放射が発生する。

【0061】透過板610の半透鏡611を透過した基板Wからの熱放射はプローブ620aに入射し、放射高温計630aに導かれる。同様に、透過板610の透明

部材612を透過した基板Wからの熱放射はプローブ620bに入射し、放射高温計630bに導かれる。

【0062】そして、放射高温計630aからは半透鏡611を透過した熱放射の半透過放射強度Iおよび、放射高温計630bからは透明部材612を透過した熱放射の無反射放射強度I0のそれぞれを表わす放射強度信号が演算部640に送られる。

【0063】演算部640では半透過放射強度I、無反射放射強度I0および、予め得られていて演算部640内部のメモリに記憶されている半透鏡611の透過率 $t$ 、反射率 $r$ 等をもとに発明の原理で述べた式(4)、式(5)、式(6)を用いて基板Wの温度 $T0$ 、基板Wの放射率 $\epsilon$ および反射率 $\rho$ を求めるとともに、予め求められてメモリに記憶されている前述の $\rho1$ 、 $\rho2$ 、 $\theta$ 、 $\lambda$ 、 $n$ 、および式(4)により求められた $\epsilon$ を式(7)に用いて基板Wに形成された膜厚 $d$ を求める。

【0064】なお、第1の実施の形態では図2のような黒体の温度 $T$ に対する放射強度 $L0(T)$ を示すグラフに相当する変換テーブルを演算部640内のメモリに記憶している。そして、これを用いて基板Wの温度 $T0$ を求めている。

【0065】そして、演算部640で求められた基板Wの温度 $T0$ は温度信号として制御部70に送られ、それを基に制御部70は基板Wの温度を所定値に保つために制御信号をランプドライバ80に送り、ランプドライバ80はその制御信号に応じた電力をランプ20に供給する。

【0066】また、演算部640で求められた膜厚信号は温度信号と同様に制御部70に送られ、制御部70では求めた膜厚 $d$ が所定の厚さに達しているかどうかを判断し、所定の膜厚に達していたか否かに応じてランプ20のパワーを指示する制御信号をランプドライバ80に送る。ランプドライバ80はその制御信号がONである間は、上記のような基板Wの温度 $T0$ を一定に保つ温度制御を行いつつ基板Wの加熱・成膜処理を行っていき、制御信号がOFFになるとランプ20への電力の供給を停止し加熱・成膜処理を終了する。

【0067】以上説明したように、第1の実施の形態の基板熱処理装置1の温度・膜厚測定部60では半透鏡611を透過した熱放射の強度である半透過放射強度I、および、透明部材612を透過した熱放射の強度である無反射放射強度I0を基に演算部640により基板Wの温度 $T0$ を算出する構成であるため、半透鏡611の反射率 $r$ および透過率 $t$ を考慮して基板Wの温度 $T0$ および膜厚 $d$ を求めることができるので、精度の高い基板の温度測定および膜厚測定を行うことができる。

【0068】また、半透鏡611がプローブ620aを中心とした円盤状をしているため、プローブ620aに入射する熱放射がその周りの半透鏡611と基板Wとの間で多重反射した熱放射の影響を均等に受けたものであ

るので、より精度の高い温度測定および膜厚測定を行うことができる。

【0069】また、半透鏡611の下面は黒化処理されているため、半透鏡611の上面の鏡面を透過した熱放射が下面において反射して半透鏡内で多重反射した後にプローブ620aに入射することがなく、その下面において反射していない熱放射のみがプローブ620aに入射するので半透過放射強度Iを放射高温計630aによって正確に測定することができ、したがって、温度・膜厚測定部60において、より精度の高い温度測定および膜厚測定を行うことができる。

【0070】また、基板Wを回転させ、半透過放射強度Iおよび無反射放射強度I0を捉えるタイミングを基板W上の同じ位置を測定するために同期をとることでより、基板Wの同一部分からの熱放射を捉えることができるのでより精度の高い温度測定および膜厚測定を行うことができる。

【0071】また、第1の実施の形態の基板熱処理装置1では上記のような温度・膜厚測定部60による精度の高い基板Wの温度 $T0$ および膜厚 $d$ の測定結果に基づいてランプ20の温度制御およびランプパワーの制御を行っているため、基板Wの高精度の加熱・成膜処理を行うことができる。

【0072】さらに、従来装置のように基板Wを所定温度下で所定時間処理することによって膜厚を制御していないため、オペレータが基板Wを炉体10から取り出し膜厚測定をし、再び戻して加熱・成膜処理を続行したり、加熱・成膜処理の間、基板Wの温度 $T0$ が一定でなくてもよいので予めダミー基板等を用いて所定温度まで加熱する暖機運転を行う必要がないので、処理効率のよい加熱・成膜処理を行うことができる。

【0073】

【3. 第2の実施の形態】図6は第2の実施の形態の基板熱処理装置2の断面図である。また、図7は第2の実施の形態の透過板の平面図である。以下、図6および図7を用いて第2の実施の形態の基板熱処理装置2について、第1の実施の形態の基板熱処理装置1との相違点を中心に説明していく。

【0074】基板熱処理装置2における透過板610はその中心に円盤状の半透鏡611が設けられている。そして、その上面は後に詳述する性質を持つ鏡面になっており、逆に下面においてはプローブ620に対向する部分は透明であり、それ以外の部分は黒化処理されている。

【0075】図8は第2の実施の形態の半透鏡611の性質を示す図である。この半透鏡611は半透鏡の性質を示すと透明な性質とを併せ持っている。すなわち、図示のようにこの半透鏡611は半透過波長 $\lambda1=0.9\mu m$ と全透過波長 $\lambda2=1.0\mu m$ との間の、 $0.95\mu m$ 付近の波長域で透過率 $t$ が急激に増加しており、逆

に反射率 $r$ は波長が $0.95\mu\text{m}$ 付近で急激に減少している。そして、約 $0.95\mu\text{m}$ 以下の波長域では透過率 $t$ および反射率 $r$ がいずれも約「0.5」になっている。また、約 $0.95\mu\text{m}$ より上の波長域では透過率 $t$ がほぼ「1」であり、逆に反射率 $r$ はほぼ「0」になっている。そのため、この半透鏡611は約 $0.95\mu\text{m}$ 以下の波長域では半透鏡の性質を示すが、それより上の波長域では透明な性質を示すものである。半透鏡611にこのような性質を持たすために第2の実施の形態ではその鏡面を例えば、 $S_iO_2$ と $TiO_2$ の薄膜を透過させる波長に応じた厚さにし、互いに積層させるものとしている。

【0076】また、プローブ620はその一端がハウジング20内の半透鏡611に対向するようにその中心の直下に1本だけ設けられており、半透鏡611に対向していない端部において2色高温計635に接続されている。

【0077】さらに、2色高温計635は上述の半透過波長 $\lambda_1$ および全透過波長 $\lambda_2$ の2つの波長の熱放射が含まれる熱放射群が入力されるとその熱放射群から半透過波長 $\lambda_1$ の熱放射と全透過波長 $\lambda_2$ の熱放射とを抽出してそれぞれの波長の熱放射の放射強度を測定することができる高温計である。なお、プローブ620と2色高温計635とを併せたものが放射強度測定手段に相当する。

【0078】そして、上記以外の構成および動作は第1の実施の形態の装置と同様である。

【0079】以上のような構成によりこの装置は以下のような制御を行う。

【0080】基板支持部40にデバイス面を下にして支持された基板Wから下方に発せられた熱放射は、様々な波長が混じった熱放射群としてプローブ620の上端に入射している。

【0081】そして、プローブ620により2色高温計635に送られた熱放射のうち前述の半透過波長 $\lambda_1$ と全透過波長 $\lambda_2$ とが抽出され、半透過波長 $\lambda_1$ の熱放射の放射強度が半透過放射強度1、全透過波長 $\lambda_2$ の放射強度が無反射放射強度10としてそれぞれ求められ、放射強度信号として演算部640に送られる。そして、これらの信号を基に第1の実施の形態と同様に基板Wの温度 $T_0$ および膜厚 $d$ が求められ、それらに基づいてランプ20の温度制御およびランプパワーの制御を行う。

【0082】ただし、半透過波長 $\lambda_1$ および全透過波長 $\lambda_2$ は以下のような条件を満たしている必要がある。図8は $S_i$ の熱放射の放射率の温度依存性を示す図である。図示のように $S_i$ はその温度が約 $800^\circ\text{K}$ 以下においては $1.0\sim 2.0\mu\text{m}$ の間の熱放射の波長域において急激にその放射率が低下しており、さらに約 $1.5\mu\text{m}$ の波長域にかけて緩やかにその放射率が上昇している。

【0083】逆に、熱放射の波長が約 $0.8\sim 1.0\mu$

$\text{m}$ の波長域では約 $1100^\circ\text{K}$ 以下の温度における放射率はほぼ一定である。

【0084】そのため、前述の半透過波長 $\lambda_1$ 、全透過波長 $\lambda_2$ を $1.0\sim 2.0\mu\text{m}$ の波長域に設定すると同波長におけるシリコン基板の放射率が異なるものとなり、そのような波長の半透過放射強度1および無反射放射強度10に基づいて求められた基板Wの温度 $T_0$ および膜厚 $d$ は信頼できる値ではなく、そのような値に基づくランプ20の温度制御およびランプパワーの制御も正確なものではなくなってしまう。

【0085】そこで第2の実施の形態の基板熱処理装置2では半透過波長 $\lambda_1$ および全透過波長 $\lambda_2$ を放射率の安定した約 $0.8\sim 1.0\mu\text{m}$ の波長域内の前述のような値に設定しているのである。

【0086】なお、半透過波長 $\lambda_1$ と全透過波長 $\lambda_2$ はできるだけ近い波長に設定する方が $S_i$ の放射率が等しくなるという面では望ましいが、あまり近すぎると逆に半透鏡611の反射率 $r$ や透過率 $t$ の安定しない波長域

(図8では $0.95\mu\text{m}$ 付近)に両波長が含まれることになり、その場合も制御上望ましくない。そのため、第2の実施の形態の基板熱処理装置2では半透過波長 $\lambda_1$ および全透過波長 $\lambda_2$ を前述のような値としている。

【0087】また、半透鏡611の反射率 $r$ と透過率 $t$ はいずれも「0.5」程度が望ましい。なぜなら、反射率 $r$ が大きすぎると熱放射の多くが反射されてしまい半透過放射強度1が小さくなり、逆に透過率 $t$ が大きすぎると半透過放射強度1と無反射放射強度10と同程度の大きさとなるためいずれも得られる結果の精度が落ちるためである。

【0088】以上のような構成となっているので、第2の実施の形態の基板熱処理装置2およびその温度・膜厚測定部60でも、基板Wの回転による効果以外の第1の実施の形態の基板熱処理装置1の効果と同様の効果を備える。

【0089】さらに、第2の実施の形態の基板熱処理装置2およびその温度・膜厚測定部60では、半透過波長 $\lambda_1$ および全透過波長 $\lambda_2$ のいずれもが基板Wの放射率のほぼ温度に依存しない波長域に含まれる構成であるため、基板W上の同一の測定対象位置における同一時点の半透過放射強度1と無反射放射強度10とを測定することができるので、より信頼性の高い温度測定および膜厚測定を行うことができる。

【0090】

【4. その他の実施の形態】図10は、その他の実施の形態の基板熱処理装置における半透鏡611の性質を示す図である。この装置は第2の実施の形態の基板熱処理装置2と半透鏡611の性質以外はまったく同一の構成となっている。そして、半透鏡611が図10に示すように、第2の実施の形態の基板熱処理装置2の半透過波長 $\lambda_1$ と全透過波長 $\lambda_2$ の波長が入れ替わっていて、全透



透過波長 $\lambda_2=0.9\mu\text{m}$ と半透過波長 $\lambda_1=1.0\mu\text{m}$ との間の、 $0.95\mu\text{m}$ 付近の波長域で半透鏡611の透過率 $t$ が急激に増加しており、逆に反射率 $r$ は波長が $0.95\mu\text{m}$ 付近で急激に減少している。

【0091】そして、それより高い波長域では透過率 $t$ および反射率 $r$ が「0.5」付近になっている。すなわち、この半透鏡611は約 $0.95\mu\text{m}$ 以上の波長域では半透鏡の性質を示すが、それより低い波長域では透明な性質を示すものである。半透鏡611にこのような性質を持たすためにこの基板熱処理装置ではその鏡面を例えば、SiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>の多層薄膜を積層したものとしている。

【0092】このような構成によりこの基板熱処理装置およびその温度・膜厚測定部60でも第2の実施の形態の基板熱処理装置2と同様の効果を有する。

【0093】

【5. 変形例】上記の第1の実施の形態の基板熱処理装置1では無反射放射強度10を透明部材612によって透過された熱放射をプローブ620bに入射させて求める構成としたが、この発明はこれに限られず、透明部材612を設けずに直接プローブ620bに入射させて捉える構成としてもよい。

【0094】また、第1の実施の形態の基板熱処理装置1ではプローブ620aとプローブ620bのX-Y面内での位置を透過板610の1つの直径上の中心を挟んで反対側に位置するように構成したが、この発明はこれに限られず、半透鏡に隣接し、透過板610の中心から等距離の位置にプローブ620bが位置していてもよい。

【0095】また、第1の実施の形態の基板熱処理装置1ではプローブ620a、620bを1つずつ、第2の実施の形態の基板熱処理装置2では透過板610の中心にプローブ620を1つ備える構成としたが、この発明はこれに限られず、たとえば第1の実施の形態の装置において透過板610に複数の半透鏡611とその下方に複数のプローブ620aを設けるとともに、透明部材612の下方に複数のプローブ620bを設けて、プローブ620aのそれぞれに入射する熱放射を集めて放射高温計630aに、プローブ620bのそれぞれに入射する熱放射を集めて放射高温計630bに送り、それらで求められた放射強度を基に加熱・成膜制御を行う構成等とすることもできる。

【0096】さらに、第2の実施の形態の装置において基板Wをその温度が約850～1100°Kでのみ処理する場合には半透過波長 $\lambda_1$ 、全透過波長 $\lambda_2$ を $0.8\sim 1.5\mu\text{m}$ としてもよい。

【0097】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明は膜厚測定手段によって成膜処理中に基板に生成された薄膜の膜厚を測定し、その膜厚を基に加熱手段の動作制御

を行う構成であるため、高精度の成膜処理を行うことができ、さらに、オペレータが基板を取り出して膜厚測定をして再び基板を戻して成膜処理を続行したり、予め暖機運転を行ったりする必要がないので処理効率のよい成膜処理を行うことができる。

【0098】また、請求項2ないし請求項5の発明は、半透鏡を透過した被測定体からの熱放射の強度である半透過放射強度、および、いずれの物体によってもほぼ反射されていない状態の被測定体からの熱放射の強度である無反射放射強度を基に膜厚算出手段により薄膜の膜厚を求める構成であり、請求項6ないし請求項9の発明は、半透鏡により不完全に透過される被測定体からの第1波長の熱放射の強度である半透過放射強度および半透鏡によりほぼ完全に透過される被測定体からの第2波長の熱放射の強度である無反射放射強度を基に膜厚算出手段により被測定体に生成された薄膜の膜厚を求める構成であるため、半透鏡の反射率および透過率を考慮して薄膜の膜厚を求めることができるので、精度の高い膜厚測定を行うことができる。

【0099】また、請求項3の発明では請求項2の発明において半透鏡が第1放射強度測定手段に対向する位置を中心とした円盤状であり、請求項7の発明では請求項6の発明において半透鏡が放射強度測定手段に対向する位置を中心とした円盤状であるため、第1放射強度測定手段および放射強度測定手段に入射する熱放射がその周りの半透鏡と基板との間で多重反射した熱放射の影響を均等に受けたものであるため、いずれも、より精度の高い膜厚測定を行うことができる。

【0100】また、請求項4の発明では請求項2および請求項3のうちのいずれかの発明において、半透鏡の第1放射強度測定手段側の面の第1放射強度測定手段に対向する部分以外の部分が黒化処理されており、請求項3の発明では請求項6および請求項7のうちのいずれかの発明において、半透鏡の放射強度測定手段側の面の放射強度測定手段に対向する部分以外の部分が黒化処理されているため、いずれも半透鏡内部で多重反射が生じないのでより精度の高い膜厚測定を行うことができる。

【0101】また、請求項5の発明では請求項2、請求項3および請求項4のうちのいずれかの発明において、第1放射強度測定手段および第2放射強度測定手段のそれぞれの被測定体に対する相対的位置が互に入れ替わる構成であるため、第1放射強度測定手段と第2放射強度測定手段が被測定体の同一部分からの熱放射を測定することができるので、より精度の高い膜厚測定を行うことができる。

【0102】さらに、請求項9の発明では請求項6、請求項7および請求項8のうちのいずれかの発明において、第1波長および第2波長のいずれもが被測定体の放射率のほぼ温度に依存しない波長域に含まれる構成であるため、基板上の同一の測定対象位置における同一時点

の半透過放射強度と無反射放射強度とを測定することができるので、より信頼性の高い膜厚測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この基板と半透鏡との間の熱放射の多重反射の説明図である。

【図 2】 黒体の温度に対する放射強度を示すグラフである。

【図 3】 第 1 の実施の形態の基板熱処理装置の断面図である。

【図 4】 第 1 の実施の形態の透過板の平面図である。

【図 5】 第 1 の実施の形態の基板熱処理装置の制御の流れを示す図である。

【図 6】 第 2 の実施の形態の基板熱処理装置の断面図である。

【図 7】 第 2 の実施の形態の透過板の平面図である。

【図 8】 第 2 の実施の形態の半透鏡の性質を示す図である。

【図 9】 S i の放射率の温度依存性を示す図である。

【図 10】 その他の実施の形態の半透鏡の性質を示す図

である。

【符号の説明】

1, 2 基板熱処理装置

20 ランプ

50 リニアモータ

60 温度・膜厚測定部

70 制御部

611 半透鏡

620, 620a, 620b プロープ

630a, 630b 放射高温計

640 演算部

I0 無反射放射強度

I 半透過放射強度

T0 基板の温度

W 基板

d 膜厚

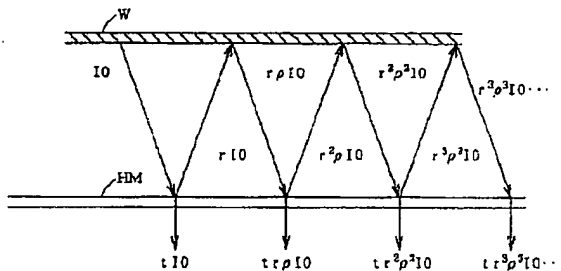
r 半透鏡の反射率

t 半透鏡の透過率

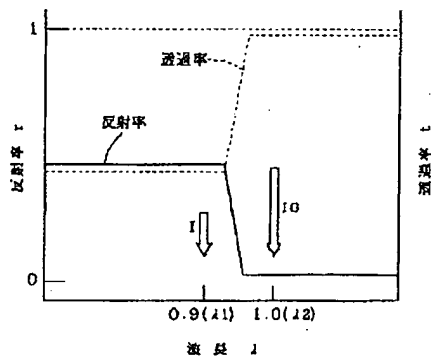
$\lambda 1$  半透過波長

$\lambda 2$  全透過波長

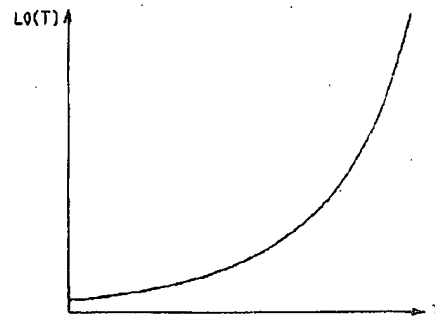
【図 1】



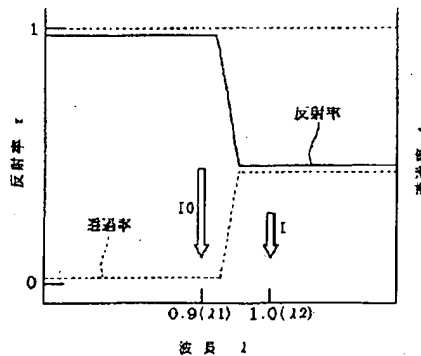
【図 8】



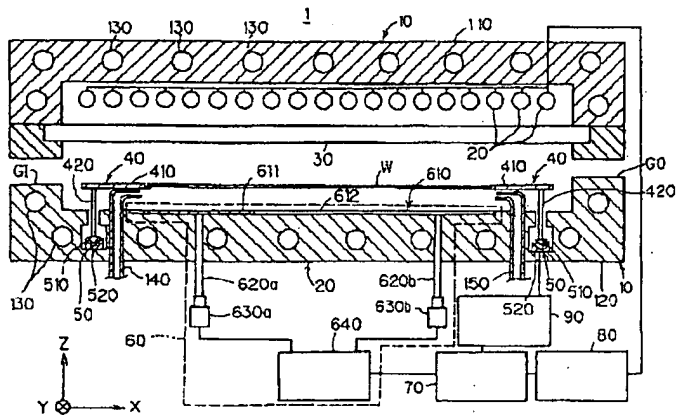
【図 2】



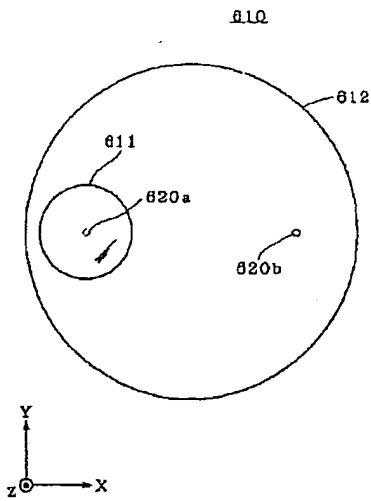
【図 10】



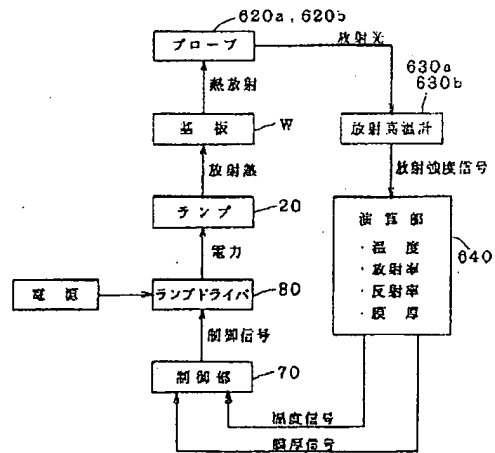
【図3】



【図4】



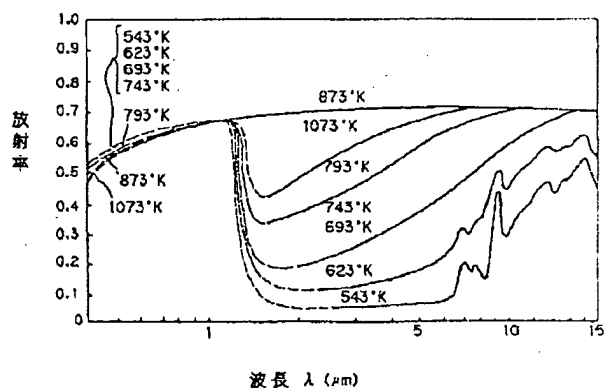
【図5】



【图6】



Si分光放射率の温度依存性



(51)Int.Cl.6

識別記号

51

H O 1 L 21/68

H O I L 21/66

P